



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 38 15 615.6  
②2 Anmeldetag: 7. 5. 88  
④3 Offenlegungstag: 16. 11. 89

Behördeneigentum

DE 38 15615 A1

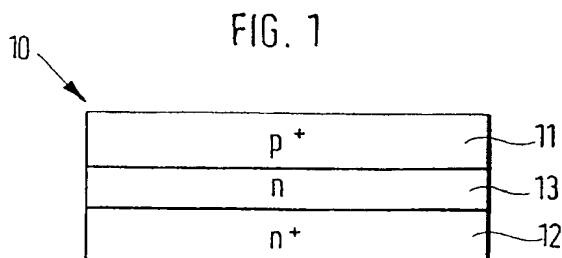
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Spitz, Richard, Dipl.-Phys.; Biallas, Vesna, 7410  
Reutlingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Herstellung einer hochsperrenden Leistungsdiode

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer hochsperrenden Leistungsdiode aus einem monokristallinen scheibenförmigen Halbleiterkörper (10) aus Silizium vorgeschlagen, bei dem der Halbleiterkörper (10) an seinen beiden Hauptoberflächen mit Bor bzw. mit Phosphor belegt wird und dann diese beiden Dotierungssubstanzen in einem ersten Diffusionsschritt durch Erwärmen des so belegten Halbleiterkörpers (10) auf eine bestimmte Diffusionstemperatur bis zu einer bestimmten Diffusionstiefe in den Halbleiterkörper (10) eingetrieben werden und bei dem die Lebensdauer der Ladungsträger zur Erniedrigung der Flußspannung der Diode durch Getterung erhöht wird. Die Getterung wird in einem sich an den ersten Diffusionsschritt anschließenden zweiten Diffusionsschritt durchgeführt, der bei einer Diffusionstemperatur ausgeführt wird, die gegenüber der Diffusionstemperatur des ersten Diffusionsschritts derart erniedrigt ist, daß beim zweiten Diffusionsschritt die Diffusionstiefe nicht mehr oder nur noch unwesentlich beeinflusst wird (Figur 1).



DE 38 15615 A1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Es ist bereits ein Verfahren dieser Art bekannt, bei dem die Getterung dadurch bewirkt wird, daß gleichzeitig mit der Eindiffusion von Bor und Phosphor in den Halbleiterkörper entsprechende Gettersubstanzen, beispielsweise Nickelchlorid, mit eindiffundiert werden, die die Lebensdauer der Ladungsträger erhöhen. Dieses Verfahren hat aber den Nachteil, daß durch die den Diffusionssubstanzen beigemischten Gettersubstanzen die Oberfläche des Halbleiterkörpers korrodiert wird, was für die nachfolgenden Verfahrensschritte ungünstig ist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Lebensdauer der Ladungsträger nicht unabhängig von der Diffusionstiefe erhöht werden kann.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß die Getterung ohne die Anwendung zusätzlicher Gettersubstanzen bewirkt wird und auf diese Weise eine Korrosion der Halbleiteroberfläche vermieden wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Lebensdauer der Ladungsträger weitgehend unabhängig von der Diffusionstiefe erhöht werden kann. Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 6 und aus der Beschreibung.

## Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 eine bekannte Leistungsdiode mit  $p^+nn^+$ -Struktur, Fig. 2 die Ladungsträgerlebensdauer in Abhängigkeit von der Getterdiffusionstemperatur, Fig. 3 die Ladungsträgerlebensdauer in Abhängigkeit von der Getterdiffusionszeit, Fig. 4 die Flußspannung in Abhängigkeit von der Ladungsträgerlebensdauer für eine  $p^+nn^+$ -Struktur gemäß Fig. 1.

## Beschreibung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung hochsperrender Leistungsdiode mit einer Durchbruchspannung  $U_R$ , die vorzugsweise größer als 100 V ist, geht von einem vorzugsweise 200  $\mu\text{m}$  dicken scheibenförmigen Halbleiterkörper 10 aus Silizium gemäß Fig. 1 mit einer Phosphordotierung aus, die vorzugsweise kleiner als  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  ist. In einem ersten Diffusionsschritt wird von der einen Seite Bor, von der anderen Seite Phosphor in den Halbleiterkörper 10 eindiffundiert, so daß eine  $p^+nn^+$ -Struktur mit einer  $p^+$ -diffundierten Zone 11, einer  $n^+$ -diffundierten Zone 12 und einer Mittelzone 13 entsteht, wobei die Mittelzone 13 die ursprüngliche n-Dotierung von weniger als  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  beibehält. Zum Aufbringen der Dotierstoffe werden zweckmäßigerweise Dotierfolien auf den Halbleiterkörper 10 aufgelegt oder Dotierlösungen auf ihn aufgeschleudert. Geeignete Bedingungen für den ersten Diffusionsschritt sind eine Diffusionstemperatur von 1265°C und eine Diffusionszeit von 30 Stunden unter oxidierender Atmosphäre. Unter diesen Bedingungen ergibt sich nach dem ersten Diffusionsschritt eine Diffu-

sionstiefe von ungefähr 70  $\mu\text{m}$  bei einer Oberflächenkonzentration der Dotierstoffe von ungefähr  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ .

Die Mindestbreite der n-dotierten Mittelzone 13 richtet sich nach der einzustellenden Durchbruchspannung. Da pro 100 V Durchbruchspannungsanteil mit einem Mittelzonenbreitenanteil von ungefähr 100  $\mu\text{m}$  gerechnet werden muß, werden für eine Durchbruchspannung von  $U_R = 600 \text{ V}$  mindestens 60  $\mu\text{m}$  für die Breite der Mittelzone 13 benötigt.

Um bei hohen Stromdichten (größer oder gleich 500 A pro  $\text{cm}^2$ ) eine möglichst niedrige Flußspannung zu erzielen, darf die Ladungsträgerlebensdauer einen von der Breite der Mittelzone 13 abhängigen Mindestwert nicht unterschreiten.

Zur Erniedrigung der Flußspannung wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß nach dem ersten Diffusionsschritt, bei dem die Dotierstoffe bis zu der gewünschten Diffusionstiefe in den Halbleiterkörper eingetrieben werden, die Diffusionstemperatur in einem zweiten Diffusionsschritt über eine bestimmte Zeit auf einen niedrigeren Wert abgesenkt wird, der die Diffusionstiefe nicht mehr oder nicht mehr wesentlich beeinflusst. Auf diese Weise wird im Halbleiterkörper eine Getterung hervorgerufen, die die Lebensdauer der Ladungsträger erhöht, wodurch die Flußspannung der Diode erniedrigt wird.

Der zweite Diffusionsschritt wird bei einer Diffusionstemperatur zwischen 1050°C und 1150°C, vorzugsweise bei 1100°C, durchgeführt. Bei einer Diffusionstemperatur von 1100°C kann beim zweiten Diffusionsschritt die Diffusionszeit 30 Stunden betragen. Auch hier wird wie beim ersten Diffusionsschritt vorzugsweise unter oxidierender Atmosphäre gearbeitet.

Fig. 2 zeigt bei einer Getterdiffusionszeit von  $t_G = 20$  Stunden die Abhängigkeit der Ladungsträgerlebensdauer von der Getterdiffusionstemperatur  $T_G$ . Fig. 3 zeigt bei einer Getterdiffusionstemperatur von  $T_G = 1100^\circ\text{C}$  die Abhängigkeit der Ladungsträgerlebensdauer von der Getterdiffusionszeit  $t_G$ . Als Maß für die Ladungsträgerlebensdauer ist in den Fig. 2 und 3 die Speicherzeit  $t_s$  in Mikrosekunden ( $\mu\text{s}$ ) angegeben, die beim Umschalten der Diode von einem Flußstrom von 10 mA auf einen Sperrstrom von 10 mA gemessen wird.

Aus den Fig. 2 und 3 ist erkennbar, daß, wenn sowohl die Getterdiffusionstemperatur  $T_G$  als auch die Getterdiffusionszeit  $t_G$  einen bestimmten Wert hat, die Ladungsträgerlebensdauer über einen bestimmten Bereich streut, daß aber sowohl bei zunehmender Getterdiffusionstemperatur  $T_G$  als auch bei zunehmender Getterdiffusionszeit  $t_G$  die Ladungsträgerlebensdauer  $t_s$  zunimmt. Hieraus ergibt sich, daß die Ladungsträgerlebensdauer  $t_s$  sowohl durch Erhöhung der Getterdiffusionstemperatur  $T_G$  als auch durch Erhöhung der Getterdiffusionszeit  $t_G$  erhöht werden kann. Die Getterdiffusionstemperatur sollte jedoch nicht unter 1050°C liegen, da sonst die Getterwirkung zu gering ist. Andererseits sollte die Getterdiffusionstemperatur nicht über 1150°C liegen, da bei höheren Werten die Diffusionstiefe noch merklich beeinflusst wird.

Fig. 4 zeigt den Zusammenhang zwischen Flußspannung  $U_F$  in Vielfachen von  $10^{-1} \text{ V}$  und Speicherzeit  $t_s$  in  $\mu\text{s}$  für die  $p^+nn^+$ -Struktur nach Fig. 1, wobei die Flußspannung  $U_F$  für einen Flußstrom  $I_F$  von 100 A angegeben ist. Aus Fig. 4 ergibt sich, daß mit abnehmender Ladungsträgerlebensdauer  $t_s$  die Flußspannung  $U_F$  zunächst nur wenig, bei Werten der Speicherzeit  $t_s$ , die kleiner als 2  $\mu\text{s}$  sind, jedoch stark ansteigt. Für die Speicherzeit  $t_s$  sollte deshalb der Wert von 2  $\mu\text{s}$  nicht unter-

schritten werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer hochsperrenden 5  
Leistungsdiode aus einem monokristallinen schei-  
benförmigen Halbleiterkörper (10) aus Silizium, bei  
dem der Halbleiterkörper (10) an seinen beiden  
Hauptoberflächen mit Bor bzw. mit Phosphor be- 10  
legt wird und dann diese beiden Dotierungssub-  
stanzen in einem ersten Diffusionsschritt durch Er-  
wärmen des so belegten Halbleiterkörpers (10) auf  
eine bestimmte Diffusionstemperatur bis zu einer  
bestimmten Diffusionstiefe in den Halbleiterkörper 15  
(10) eingetrieben werden und bei dem die Lebens-  
dauer der Ladungsträger zur Erniedrigung der  
Flußspannung der Diode durch Getterung erhöht  
wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Getterung  
in einem sich an den ersten Diffusionsschritt an- 20  
schließenden zweiten Diffusionsschritt durchge-  
führt wird, der bei einer Diffusionstemperatur aus-  
geführt wird, die gegenüber der Diffusionstempe-  
ratur des ersten Diffusionsschritts derart erniedrigt  
ist, daß beim zweiten Diffusionsschritt die Diffu- 25  
sionstiefe nicht mehr oder nur noch unwesentlich  
beeinflußt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der zweite Diffusionsschritt bei einer  
Diffusionstemperatur zwischen 1050°C und 30  
1150°C durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der zweite Diffusionsschritt bei einer  
Diffusionstemperatur von 1100°C durchgeführt  
wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekenn- 35  
zeichnet, daß beim zweiten Diffusionsschritt die  
Diffusionszeit 30 Stunden beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Diffu-  
sionsschritt die Diffusionstemperatur 1265°C und 40  
die Diffusionszeit 30 Stunden beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß beide Diffusions-  
schritte unter oxidierender Atmosphäre durchge-  
führt werden. 45

50

55

60

65

- Leerseite -

3815615

4

FIG. 1

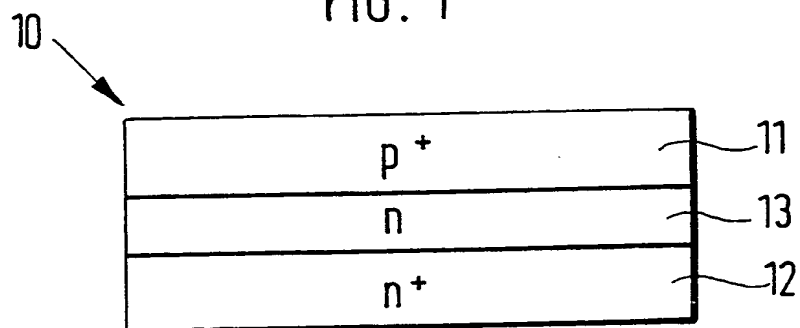


FIG. 4

